

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Perancangan

Perancangan atau desain adalah proses menterjemahkan ide atau kebutuhan pasar ke informasi detail dimana sebuah produk dapat dibuat. Perancangan produk mencakup proses yang sangat luas yang disebut pengembangan produk. Pengembangan terdiri dari pengembangan rancangan produk baru dalam hubungan dengan rencana produksi, distribusi, dan penjualan. Proses yang luas disebut dengan pengembangan usaha baru. Pengembangan produk tidak berdiri sendiri, merupakan bagian dari inovasi industri. Inovasi industri menerapkan banyak aktivitas dalam penerapannya, meliputi penggunaan produk baru di pasaran (bagaimana implementasi produk baru), rencana penjualan, produksi, distribusi, penjualan dan pelayanan setelah penjualan. Dengan demikian, inovasi meliputi lebih luas dari pengembangan. Pelaksanaan dari rencana pengembangan, realisasi dari produk baru atau proses produksi oleh sebuah perusahaan, adalah juga bagian dari inovasi [4].

2.2 Alat Bantu (*Jig and Fixture*)

Alat bantu atau sering disebut dengan istilah *jig and fixture* merupakan piranti pencekam benda produksi yang dipergunakan guna membuat penggandaan komponen secara akurat yang berfokus pada kelurusan yang benar antara alat potong atau alat bantu yang lainnya, maka untuk mendapat komponen tersebut dipakailah *jig and fixture* yang didesain untuk memegang, menjaga dan memposisikan setiap bagian sehingga setiap pengerjaan bor, bubut atau proses pemesinan lainnya dapat dilakukan sesuai spesifikasi yang ditentukan[5].

Kata *jig* sendiri merupakan alat untuk mengontrol dan mengarahkan suatu alat potong dalam proses pembuatan benda kerja. Secara umum penggunaan *jig* adalah pada pengarahan alat potong atau proses seperti, mengarahkan proses pelubangan (*drilling*), peluasan (*boring*), pembuatan lubang teliti (*reamer*), pengarahan busur las, pengelingan (*riveting*) atau dimana suatu proses pengarahan dianggap penting.

Sedangkan *fixture* merupakan alat yang difungsikan untuk memegang, memposisikan benda kerja pada posisi tertentu dan menjamin benda kerja tersebut tetap pada posisi awalnya.

2.2.1 Tujuan Penggunaan Jig and Fixture

Tujuan penggunaan *jig and fixture* dapat dikelompokkan dalam beberapa aspek, antara lain:

1) Fungsi dan Aspek Teknis

- a. Mendapat ukuran yang tepat dan akurat.
- b. Menyeragamkan ukuran.

2) Aspek ekonomi

- a. Lebih efisien sebab tidak diperlukan tenaga ahli/operator ahli dalam penggunaannya.
- b. Lebih efisien dari segi pengerjaan (meringkas) dan pemanfaatan tenaga kurang terampil.
- c. Lebih efisien dalam segi penggunaan mesin.
- d. Optimalisasi mesin yang kurang teliti.
- e. Meningkatkan kinerja mesin.
- f. Mengurangi waktu pengerjaan dan penggunaan alat ukur.
- g. Kesalahan pengerjaan lebih dapat dikurangi.
- h. Aspek social pada masyarakat atau keamanan
- i. Resiko kecelakaan kerja dapat dikurangi.

2.2.2 Manfaat dan Keuntungan Penggunaan Jig and Fixture

Manfaat yang dapat di peroleh dari penggunaan *Jig and Fixture* ini adalah sebagai berikut :

- 1) Mempercepat setting potong dan benda kerja saat sebelum proses permesinan.
- 2) Memungkinkan melaksanakan penyederhanaan beberapa tahapan proses kerja dan pemanfaatan tenaga yang tidak terampil.
- 3) Menambah ketelitian karena benda kerja secara otomatis akan tepat pada posisinya tanpa harus dilakukan penyetingan yang lama.
- 4) Efisiensi penggunaan mesin perkakas dapat ditingkatkan sehingga biaya produksi dapat diturunkan.

- 5) Mesin dapat dioperasikan oleh operator dengan *skill* yang rendah namun dengan kualitas yang hampir menyamai operator dengan *skill* yang tinggi.

2.2.3 Komponen pada Jig and Fixture

Berdasarkan fungsi, *jig and fixture* dapat terdiri atas beberapa komponen diantaranya:

- 1) Komponen penepat yang memiliki fungsi guna menempatkan posisi benda kerja relatif pada mesin.
- 2) Komponen penumpu yang memiliki fungsi untuk melindungi benda kerja dari deformasi bentuk yang diakibatkan oleh gaya cekam, gaya pemotongan atau gaya berat oleh benda kerja itu sendiri, selain itu juga berfungsi untuk menghindari kesalahan pada posisi benda kerja.
- 3) Komponen pencekam yang memiliki fungsi untuk mengamankan ruang benda kerja akibat adanya geseran atau putaran serta memastikan benda kerja tetap berada pada posisi yang ditetapkan
- 4) Komponen pengarah alat pemotong yang memiliki fungsi untuk mengarahkan gerak alat potong dan memastikan posisi (relatif terhadap benda kerja) alat potong tetap pada posisi semula.
- 5) Komponen penyeting alat potong yang memiliki fungsi untuk melakukan perubahan pada setting posisi relatif *jig and fixture* terhadap alat potong.
- 6) Komponen operasi pencekam memiliki fungsi untuk membantu operator apabila *jig and fixture* harus dioperasikan secara manual.
- 7) Komponen Rangka *jig and fixture* yang terdiri atas keseluruhan komponen yang terdapat pada *jig and fixture* yang nantinya digunakan juga untuk menempatkan posisi dan pencekaman benda kerja ke mesin.
- 8) Komponen pengikat memiliki fungsi sebagai penghubung dan pengikat *jig and fixture* berikut komponen- komponen lainnya ke posisi yang telah ditentukan.

2.2.4 Hubungan Jig and Fixture dengan Bengkel Mesin.

Dalam perancangan *jig and fixture* sangat perlu juga diperhatikan hubungan antara *jig and fixture* dengan benda kerja, mesin dan alat potong yang digunakan. Maksudnya perencanaan dan perancangannya harus memperhatikan keadaan atau data yang berhubungan dengan perencanaan. Seringkali *jig and*

fixture tidak dapat dipasang atau digunakan karena tidak diperhatikan data mesin, benda kerja maupun alat potong di lapangan. Berikut hubungan antara *jig and fixture* dengan bengkel mesin yang harus diperhatikan. [5].

1) *Jig and fixture* dengan mesin

- a. Pemasangan pada mesin atau pengaitan *jig and fixture* pada mesin.
- b. Panjang langkah eretan dan arah pemakanan.
- c. Panjang dan lebar *bed* mesin.
- d. Tinggi antara alat potong dan *bed* atau *jig and fixture*.
- e. Penentuan *setting* koordinat pengerjaan.
- f. Ketersediaan sistem pendingin (*cooling*).
- g. Jenis pencekaman yang cocok untuk mesin tertentu, magnetik atau udara.

2) *Jig and fixture* dengan benda kerja

- a. Pembuatan desain produk memberikan kemungkinan untuk pengerjaan tambahan.
- b. Cara peletakan benda kerja memperhatikan bentuk dan memudahkan pengerjaan.
- c. Penentuan paarting line pada benda tuangan tidak mengganggu peletakan.
- d. Kelebihan ukuran untuk tambahan pengerjaan cukup untuk dikerjakan.

3) *Jig and fixture* dengan alat potong

- a. Penggunaan alat setting pemotongan (*einstellehre*)
- b. Sudut ulir pengeboran (kanan/kiri) untuk pembuangan beram.
- c. Jumlah dan jenis alat potong yang digunakan.
- d. Penggunaan mal untuk mengontrol keausan pahat.

2.3 Mesin Bubut

Mesin Bubut merupakan salah satu dari Mesin perkakas yang dalam kegunaannya digunakan untuk pemotongan benda kerja yang berputar. Pembubutan itu sendiri ialah proses pemakanan benda kerja yang dalam pengerjaannya dilakukan pada benda kerja yang diputar untuk kemudian disayatkan pada pahat/alat potong yang pergerakannya dilakukan secara translasi sejajara terhadap sumbu putar dari benda kerja tersebut. Gerak putar dari benda

kerja tersebut dinamakan gerak potong relatif dan gerak translasi dari pahat yang keduanya disebut gerak umpan oleh benda kerja. Pada proses pembubutan tersebut juga dapat diperoleh benda kerja berupa ulir dengan beragam ukuran dan macam dengan cara mengatur kecepatan rotasi dengan kecepatan translasi pahat. Pengerjaan tersebut biasa dilakukan dengan cara menukar roda gigi translasi penghubung poros spindle.

Benda kerja dipegang oleh pencekam yang dipasang di ujung poros utama (spindel; *spindle*). Dengan mengatur lengan pengatur, yang terdapat pada kepala diam (*head stock*), putaran poros utama (n) dapat dipilih. Bagi mesin bubut konvensional, putaran poros utama umumnya dibuat bertingkat, dengan aturan yang telah distandarkan, misal 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1800, serta 2000 rpm. Sedangkan mesin bubut jenis CNC dengan putaran motor variabel maupun dengan sistem transmisi variabel, kecepatan putaran pada poros utama tidak bertingkat namun berkesinambungan.

2.4 Poros Eksentrik

Poros yang terdapat pada sebuah mesin berfungsi untuk meneruskan tenaga bersama dengan putaran. Setiap komponen mesin yang berputar, seperti cakara tali, sabuk puli mesin, piringan kabel, romol kabel, roda jalan serta roda gigi, dipasangkan berputar terhadap poros pendukung yang dipasang tetap pada poros pendukung yang berputar.

Berdasarkan pembebanannya poros dapat dibedakan menjadi beberapa jenis salah satu diantaranya merupakan poros eksentrik atau sering disebut dengan poros engkol. Poros eksentrik termasuk jenis poros yang mana di dalam sebuah benda kerja tersebut terdapat lebih dari 1 sumbu simetris. Pada penggunaan poros eksentrik biasa digunakan sebagai *Engine Crank Shaft*, dan *Quick Change Tool Post* [6].

Pada pembubutan poros eksentrik terdapat beberapa cara diantara :

1. Metode Independent Chuck/ Independent Jaw Chuck

Pada penggunaan independent chuck proses setting dilakukan dengan cara mengatur jaw yang bergerak secara independent. Besarnya pergeseran pada jaw tersebut diatur menggunakan dial indicator yang diletakkan pada bidang yang nantinya akan disayat/dipotong.

2. Metode Universal Three Jaws Chuck

Pada metode kali ini pembubutan poros eksentri dilakukan dengan menggunakan support / ganjel sebagai alat bantu pergeseran sumbu pada poros.

3. Metode Between Centre

Metode ini dilakukan dengan pembuatan lubang centre drill terlebih dahulu menggunakan mesin milling, lubang tersebut dibuat pada kedua sisi benda kerja.

4. Metode dengan menggunakan Mandrel

Metode dengan menggunakan mandrel kali ini biasanya digunakan untuk membubut benda kerja dengan bentuk eksentrik yang sudah memiliki lubang dengan jumlah banyak. Proses pengecamannya itu sendiri dilakukan dengan menggunakan between center ataupun chuck dengan membuat jarak eksentrik pada poros mandrel tersebut.

2.5 Pemilihan Bahan

Bahan/material merupakan salah satu syarat utama sebelum dilakukan pembuatan rancangan komponen pada suatu mesin atau alat. Penggunaan material yang tepat bisa berarti performa produk yang lebih baik, efisiensi yang lebih besar dan biaya yang lebih rendah. Material yang dipilih haruslah sesuai dengan beberapa aspek diantaranya dari spesifikasi, kriteria utama yang biasa diidentifikasi berupa rasio seperti biaya/satuan volume material, biaya/berat, atau kekuatan/berat. Dan metode-metode pemilihan secara kuantitatif seringkali didasarkan pada rasio-rasio semacam ini. Proses pengambilan keputusan paling baik dilaksanakan sebagai suatu proses eliminasi. Dimulai dengan mengeliminasi material-material dan proses proses yang sudah jelas tidak sesuai.

Beberapa kriteria utama yang digunakan untuk memilih kombinasi material dan proses adalah :

1. Ketersediaan material di pasaran
2. Kuantitas/banyaknya bahan yang dibutuhkan
3. Kemampuan meredam vibrasi
4. Densitas atau berat jenis
5. Kekasaran permukaan
6. Kemudahan pengerjaan mesin
7. Kemungkinan-kemungkinan pemodelan
8. Koefisien-koefisien gesek
9. Sifat-sifat elektrik

10. Biaya
11. Toleransi yang dibutuhkan
12. Pengaruh terhadap lingkungan
13. Ketahanan terhadap aus
14. Target waktu penyerahan
15. Ketahanan terhadap korosi
16. Lingkungan pengoperasian
17. Ketahanan terhadap bahan kimia
18. Sifat-sifat mekanik

*) Sumber : [7]

2.6 Rumus Perhitungan Kekuatan Material

Dalam desain dan pembuatan pencekam poros eksentrik digunakan beberapa rumus perhitungan kekuatan diantaranya:

2.6.1 Gaya Pencekaman

Tujuan pencekam secara umum adalah menjamin posisi benda kerja agar tetap pada posisinya ketika terjadi gaya-gaya dari luar akibat proses pengerjaan. Berikut adalah syarat pencekaman yang harus dipenuhi :

1. Agar benda tidak bergeser maka gaya pencekaman harus lebih besar dari gaya potong yang terjadi ketika proses pengerjaan.
2. Pencekaman harus aman untuk operator dan tidak merusak benda kerja.
3. Pencekaman harus mudah dilakukan dan tidak mengganggu proses pemasangan dan pelepasan benda kerja.
4. Pencekaman tidak menghalangi proses pengerjaan yang berlangsung.

Penentuan besar gaya pencekaman didasar pada masa benda kerja dan gaya potong yang ditimbulkan ketika proses pengerjaan. Untuk mendapat gaya pencekaman berdasarkan masa benda kerja dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut [5] :

$$F_z = \frac{a.s.kc1.1}{(s.\sin k)^z} \quad (2.1)$$

Dengan

F_z	= Gaya potong total	(N)
s	= Feeding	(mm/put)
a	= Tebal pemotongan	(mm)
z	= Koreksi pemotongan	
k	= Sudut bebas potong	(°)
$kc 1.1$	= Gaya potong spesifik	(N/mm ²)

Jika gaya potong bekerja parallel terhadap bidang alas *fixture*, gaya cekam tegak lurus terhadap gaya potong [8].

$$F_s \geq \frac{x.F_z + G}{\mu_1 + \mu_2} \quad (2.2)$$

Dengan

F_s	= Gaya cekam yang dibutuhkan	(N)
x	= Faktor koreksi	
	Pencekaman kaku $x_1 = 2$ sampai 3	
	Pencekaman elastis $x_2 = 1,5$ sampai 2	
F_z	= Gaya potong	(N)
G	= Berat benda kerja	(N)
μ_1	= Koefisien gesek antara benda kerja dan pencekam	
μ_2	= Koefisien gesek antara benda kerja dan fixture	

Tabel 2.1 Koefisien Gesek

Pasangan Bahan	Koefisien Gesek	
	Ms	Mk
Baja terhadap Baja	0.74	0.57
Kuningan terhadap baja	0.51	0.44
Seng terhadap besi cor	0.85	0.21
Tembaga terhadap besi cor	1.05	0.29
Kaca terhadap kaca	0.94	0.40

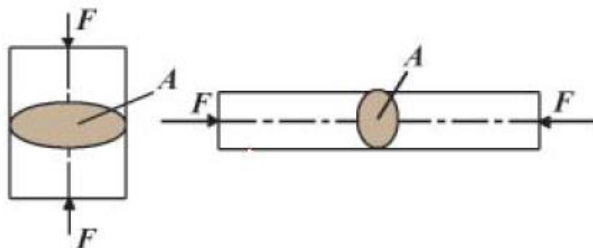
Tabel 2.2 Koefisien Gesek

Tembaga terhadap kaca	0.68	0.53
Teflon terhadap Teflon	0.04	0.04
Teflon terhadap baja	0.04	0.04
Karet terhadap beton (kering)	1.00	0.80
Karet terhadap beton (basah)	0.30	0.25
Kayu terhadap Baja	0.70	0.40
Alumunium terhadap Baja	0.61	0.47
Tembaga terhadap Baja	0.53	0.36

*) Sumber : [9]

2.6.2 Tegangan Tekan

Tegangan tekan terjadi bilamana sebuah benda menerima dua buah gaya dorong atau tekan secara aksial dengan besar gaya yang sama besar. Akibat dari beban tekan akan menyebabkan pengurangan panjang dari benda tersebut.



Gambar 2.1 Tegangan Tekan

*) Sumber : [10]

$$\sigma_e = \frac{F}{A} \quad [11] \quad (2.3)$$

Dengan

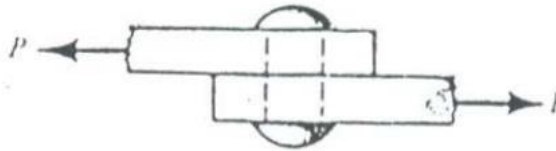
σ_e = Tegangan Tekan (N/mm²)

F = Gaya tekan yang bekerja pada benda (N)

A = Luas penampang yang tegak lurus dengan gaya (mm²)

2.6.3 Tegangan Geser

Tegangan geser adalah tegangan yang terjadi bila sebuah benda menerima dua buah gaya besarnya sama dan memiliki arah yang berlawanan serta bekerja secara tangensial atau parallel terhadap luas penampang yang menahan sehingga gaya akan cenderung menggeser penampang tersebut.



Gambar 2.2 Tegangan Geser

$$\tau_s = \frac{F}{A} \quad [11] \quad (2.4)$$

Dengan

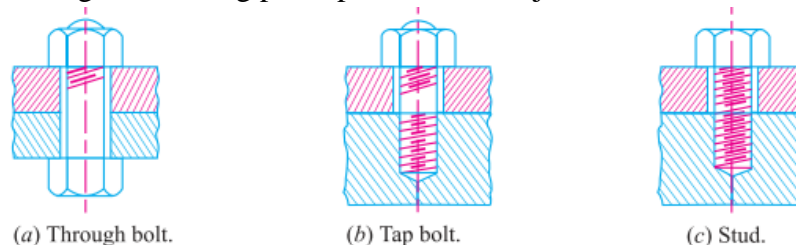
τ_s = Tegangan Geser (N/mm²)

F = Gaya geser yang terdapat pada benda (N)

A = Luas penampang tegak lurus dengan gaya (mm²)

2.6.4 Sambungan Baut dan Mur

Mur dan Baut ialah komponen yang berfungsi sebagai pengikat dan sangat penting dalam suatu rangkaian alat atau mesin. Pemilihan mur dan baut itu sendiri harus dilakukan dengan teliti dan cermat, sebab nantinya mur dan baut tersebut harus menahan/menerima beban dari alat yang di ikatnya, selain itu pemilihan mur dan baut pengikat yang teliti dan cermat dapat mengurangi resiko kecelakaan dan kerusakan pada mesin atau alat. Penyambungan menggunakan baut atau mur sangat mudah untuk proses *maintenance* pada saat pelapasan atau pemsangannya kembali, metode sambungan ini sering pakai pada kontruksi jembatan.



Gambar 2.3 Type of screwed joint

Sumber : [12]

a) *Through bolt*

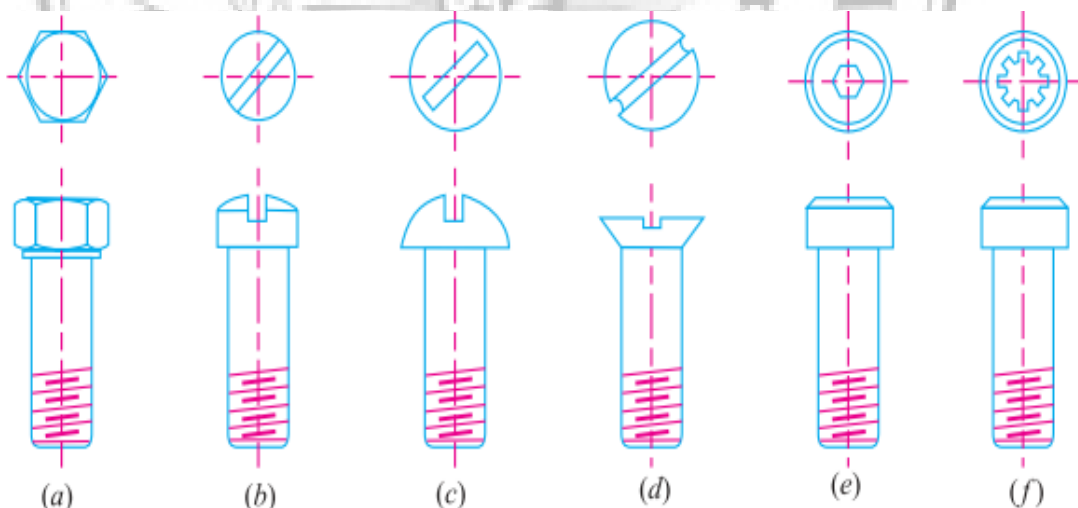
Pada jenis sambungan seperti gambar 2.4 (a) paling cepat proses pembuatannya karena kedua *part* di bor tembus langsung, namun harus menambahkan pengunci mur diujung satunya, jenis ini mudah dalam pelepasannya tinggal memutar salah satu pengunci mur atau kepala baut,

b) *Tap bolt*

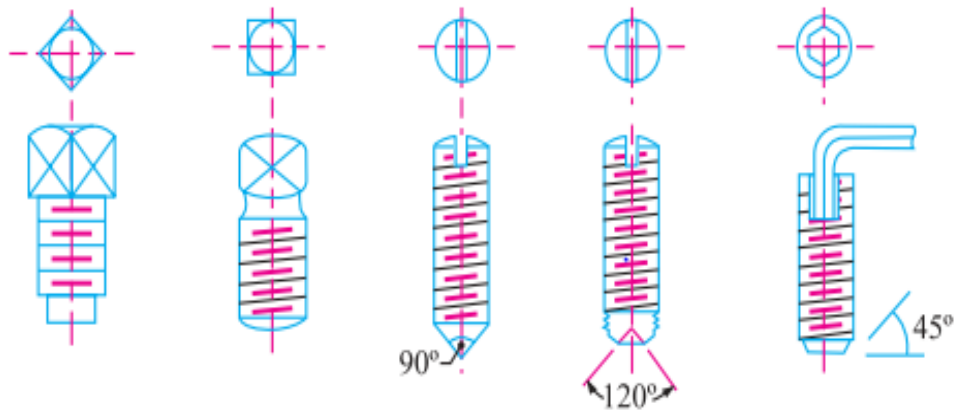
Pada jenis ini sambungan seperti gambar 2.4 (b) bagian salah satu *part* dibor kemudian ditap yang difungsikan sebagai pengganti mur, dan pada *part* satunya hanya di bor saja lebih besar dari diameter luar baut. Pada jenis ini tidak membutuhkan sebuah mur dan sering ditemui pada mesin perkakas namun cukup lama proses pembuatannya dibanding *through bolt*.

c) *Stud bolt*

Pada jenis ini seperti gambar 2.4 (c) kedua *part* yang akan di sambung dibor kemudian di tap, jenis ini tidak memerlukan baut dan pembuatannya relative lama.



(a) Hexagonal head; (b) Fillister head; (c) Round head; (d) Flat head;
(e) Hexagonal socket; (f) Fluted socket.



Gambar 2.4 Type of Cap Screws and Type of Set Screws

Sumber : [12]

2.6.5 Material Baut dan Mur

Baut dan mur yang standar ada di pasaran menggunakan material yang dibagi berdasarkan kelas kekuatannya mulai dari yang mempunyai kekuatan rendah dan kecil untuk penyambungan komponen elektrik yang relative kecil sampai yang terbesar biasa digunakan untuk penyambungan yang menahan beban besar seperti jembatan, mesin pengangkat dan lain-lain.

	kgf/mm ²									
	30	40	50	60	80	100	120	140	160	
Minimum tensile strength R_m	294	392	490	588	785	980	1177	1373	1570	
Minimum elongation after fracture %	7								14.9	
	8			6.8			12.9			
	9			5.8		10.9				
	10									
	12				6.9	8.8				
	14			4.8						
	16				6.6					
	18									
	20			5.6						
	25	3.6	4.6							
	30									
Second figure of symbol						0.6	0.7	0.8	0.9	
Minimum yield stress										
Minimum tensile strength										
						$\frac{R_{0.2}}{R_m} \times 100$				
						%	60	70	80	90

Gambar 2.5 Bolt Screw and Studs, System of Co-Ordinates

Sumber : [13]

2.6.6 Tegangan Kombinasi

Tegangan kombinasi terjadi ketika terjadi dua atau lebih tegangan pada satu bagian komponen. Untuk menentukan tegangan kombinasi langkah yang paling utama yaitu mengidentifikasi tegangannya. Bila tegangan yang terjadi adalah gabungan antara tegangan tarik, tegangan tekan, tegangan bengkok atau kombinasi antara tegangan geser, dan tegangan puntir maka tegangan kombinasi dapat dijumlah secara langsung. Tapi jika berbeda simbol σ dan τ maka digunakan rumus berikut [14] :

$$\sigma_k = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2} \quad (2.5)$$

Dengan:

σ_k = Tegangan Kombinasi (N/mm²)

σ = Tegangan Tarik, Tegangan Tekan, Tegangan Bengkok (N/mm²)

τ = Tegangan Geser, Tegangan Puntir (N/mm²)

2.6.7 Faktor Keamanan

Faktor keamanan merupakan suatu faktor yang dipergunakan guna mengevaluasi keamanan pada suatu elemen/komponen mesin. Faktor keamanan tersebut paling sering digunakan saat membandingkan tegangan dengan kekuatan, untuk memperkirakan angka kemanannya.

Untuk bahan ulet, diasumsikan mempunyai tegangan luluh dan maksimum sama dan keduanya akibat tarik menarik dan tekan [15] :

$$V = \frac{\sigma_{Yield}}{\sigma_{yangterjad}} \quad (2.6)$$

Penentuan besar faktor keamanan dalam setiap perencanaan komponen mesin tergantung pada beberapa faktor / pertimbangan seperti *material*, cara pengerjaan, tipe pembebanan, kondisi secara umum dan bentuk geometris dari komponen mesin tersebut.

Tabel 2.3 Harga Besaran Faktor Keamanan

Material	Beban Statis (<i>steady load</i>)	Beban Dinamis (<i>live load</i>)	Beban Kejut (<i>shock load</i>)
<i>Wrought iron</i>	4	7	10 - 15
<i>Soft material and alloy</i>	6	9	15
<i>Leather</i>	9	12	15
<i>Steel</i>	4	8	12 - 16
<i>Cast iron</i> /baja karbon renda	5 - 6	8 - 12	16 - 20
<i>Timber</i>	7	10 - 15	20

2.7 Proses Pemesinan

Ada 2 proses pemesinan yang harus dihitung pada proses bubut yaitu:

1) Proses pembubutan memanjang (*Longitudinal Turning Process*)

Rumus untuk menghitung waktu pemesinan bubut memanjang adalah [16] :

$$T_m = \frac{L}{s_r \times n} \quad (2.7)$$

Dengan

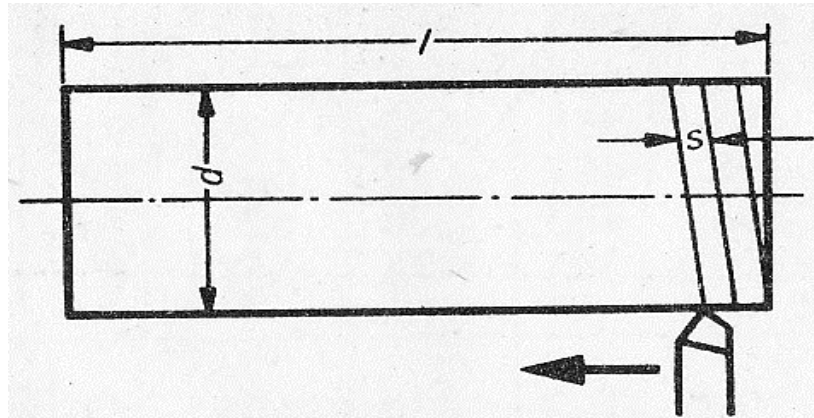
$$\begin{aligned} T_m &= \text{Waktu pemesinan} && (\text{menit}) \\ L &= \text{Panjang pembubutan} && (\text{mm}) \\ n &= \text{Rpm} \\ s_r &= \text{Pemakanan} && (\text{mm/put}) \end{aligned}$$

Sedangkan untuk mencari putaran mesin digunakan rumus [16] :

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi d} \quad (2.8)$$

dengan :

$$\begin{aligned} V_c &= \text{Kecepatan gerak potong} && (m/\text{menit}) \\ d &= \text{Diameter pada benda kerja} && (\text{mm}) \\ n &= \text{Putaran mesin} && (\text{Rpm}) \end{aligned}$$



Gambar 2.6 : Pembubutan *Longitudinal**)

*) Sumber : [16]

2) Kecepatan potong

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

[17]

(2.9)

Maka d = diameter rata-rata, sehingga :

$$d = \frac{(d_o + d_m)}{2 - d_o}$$

[17]

(2.10)

dimana,

d_o = diameter mula; mm

d_m = diameter akhir; mm

3) Kecepatan Makan

$$v_f = f \cdot n$$

[17]

(2.11)

Dimana,

f = gerak pemakanan (mm/rad)

n = putaran poros utama (benda kerja) (rad/min)

4) Waktu Pemotongan

$$t_c = \frac{\ell_t}{v_f}$$

[17]

(2.12)

dimana,

 ℓ_t = Panjang pemesinan; mm

5) Gaya Potong

$$F_y = F_v = k_s \cdot A$$

[17]

(2.13)

dimana,

 $F_y = F_v$ = Gaya potong (N) k_s = Gaya pemotongan spesifik (spesifik cutting force) (N/mm²) A = b.h = a.f = penampang geram sebelum terpotong (mm²)